

#3 0300

PATENT
0717-0444P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Noboru KUBO, et al.
Appl. No.: 09/652,154
Filed: August 31, 2000
For: METHOD FOR CORRECTING LIGHTNESS OF IMAGE

Group:
Examiner: NOT ASSIGNED

LETTER

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

December 12, 2000

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	11-246793	August 31, 1999

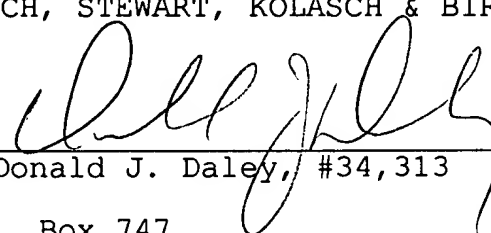
A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By


Donald J. Daley, #34,313

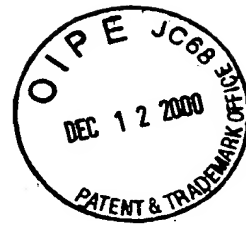
DJD:MJL/ntb
0717-0444P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment

(Translation)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



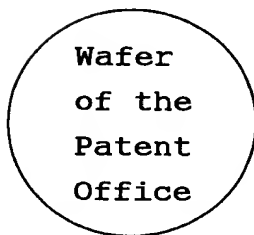
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application : August 31, 1999

Application Number : Heisei 11

Patent Appln. No. 246793

Applicant(s) : SHARP KABUSHIKI KAISHA
SYNTHESIS CORPORATION



June 29, 2000

Takahiko KONDO

Commissioner,
Patent Office

Seal of
Commissioner
of
the Patent
Office

Appln. Cert. No.

Appln. Cert. Pat. 2000-3050169

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

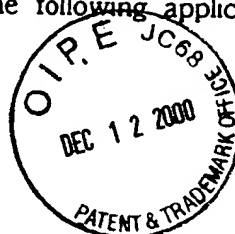
1999年 8月31日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第246793号

出 願 人
Applicant (s):

シャープ株式会社
株式会社シンセシス

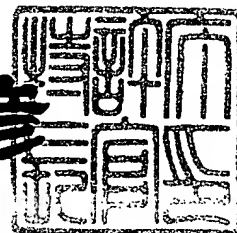


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 6月29日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



【書類名】 特許願

【整理番号】 99J02035

【提出日】 平成11年 8月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N101:00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 久保 登

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 張 小▲忙▼

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市淀川区東三国 2 - 9 - 2 1 - 2 0 5

 【氏名】 奥畑 宏之

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府豊中市待兼山町 3 1 - 4 リヴァーレ待兼山 2 0 2

 【氏名】 丹羽 章雅

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 598142988

 【氏名又は名称】 株式会社シンセシス

【代理人】

 【識別番号】 100078282

 【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 秀策

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001878

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005652

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像の輝度補正方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 原画像における注目画素の画像情報と、その注目画素に対する周辺画素の画像情報に基づく周辺関数との畳み込み演算を、複数のスケールにわたって実施して、注目画素の輝度を補正するマルチスケール網膜法によって画像の輝度を補正する方法であって、

周辺画素の画像情報が直交する 2 軸に沿ってそれぞれ段階的に変化するように、簡略化されたモデルの周辺関数を使用されることを特徴とする画像の輝度補正方法。

【請求項 2】 注目画素から同距離の周辺画素の画像情報の総和と、画像情報が段階的に変化する 1 次元のスケールサイズに基づく周辺関数の畳み込み演算を実施して、その演算結果を、他の畳み込み演算の結果として利用する請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【請求項 3】 周辺画素の画像情報を、画像情報が段階的に変化する 2 軸に沿った水平ベクトル成分と垂直ベクトル成分として読み込む請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【請求項 4】 周辺関数を演算する際に使用される平坦化係数 K を、すでに算出された平坦化係数 K とのデータ依存性に基づいて算出する請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【請求項 5】 読み込む周辺画素数を削減して、畳み込み演算の際の積和演算回数を低減させる請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【請求項 6】 いくつかの画素が集合した画素群に対して、畳み込み演算の回数を削減して、畳み込み演算が実施されない注目画素に対して、算出された畳み込み演算の結果を利用する請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【請求項 7】 マルチスケール網膜法による \log 演算を、予め設定されたグラフに基づいて近似的に行う請求項 1 に記載の画像の輝度補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタルカメラ、監視カメラ等にて撮像されるデジタルカラー静止画像を、要求される最適なダイナミックレンジとすることができる画像の輝度補正方法および補正装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

デジタルカラーの静止画像の輝度情報、色情報等を補正する方法として、眼球の網膜をモデル化して、画像の局所的な情報によって、ダイナミックレンジ（動的特性）に偏りのある画像の輝度値を補正する網膜法が提案されている。このような網膜法では、画像における輝度値が低くて暗い部分では輝度値を高くし、輝度値が高くて明るい部分では、輝度値を低くすることによって、画像を見やすくしている。

【0003】

このような網膜法としては、シングルスケール網膜法(Daniel J. Jobson et al, "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex," IEEE Trans. on Image Processing vol.6, pp.451-462, March 1997.)、および、マルチスケール網膜法(Daniel J. Jobson et al, "A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Image and the Human Observation of Scenes," IEEE Trans. on Image Processing vol.6, pp.956-976, July 1997.)が提案されている。

【0004】

シングルスケール網膜法では、原画像における注目画素 $I(x,y)$ のスペクトル成分 $I_i(x,y)$ （ただし、 $i = 1, 2, \dots$ ）を、周辺画素の情報に基づいて得られる周辺関数 $F(x,y)$ によって補正するものであり、網膜処理結果は、次の(1)式によって表される。

【0005】

【数 1】

$$R_i = \log(I_i(x,y)) - \log[F(x,y) * I_i(x,y)] \quad \dots (1)$$

【0006】

この場合、周辺関数 $F(x,y)$ は、注目画素 $I(x,y)$ に対する周辺画素の画像情報に基づく関数であり、次の(2)式によって表される。

【0007】

【数2】

$$F(x,y) = Ke^{-r^2/c^2} \quad \dots (2)$$

【0008】

ただし、 r は、注目画素と周辺画素との距離($r^2 = x^2 + y^2$)であり、 c はスケール変数である。また、 K は平坦化係数であり、 $\iint F(x,y) dx dy = 1$ 、すなわち、周辺関数の総合計が1となるように定められる。また、「*」は、畳み込み演算を示す。

【0009】

(1)式および(2)式によって、シングルスケール網膜処理結果 $R_i(x,y)$ が求められると、次の(3)式によって、シングルスケール網膜処理結果 $R_i(x,y)$ が、補正值GainおよびOffsetによって補正されて、適当なダイナミックレンジに引き伸ばされる。補正網膜処理結果 I_{R_i} は次の(3)式によって表される。

【0010】

【数3】

$$I_{R_i} = \text{Gain} \times R_i + \text{Offset} \quad \dots (3)$$

【0011】

このように、シングルスケール網膜法では、注目画素のスペクトルバンド成分が、周辺関数に基づいて網膜処理されるが、マルチスケール網膜法(Multi Scale Retinex: MSR)では、注目画素の各スペクトルバンド成分 I_i に対して、N種類のスケールにて網膜処理を行うようになっている。この場合、各スケールに対するシングルスケール網膜処理結果に対して、各スケールに対する重み w_n が付けられて、

全てのスケールに対する網膜処理結果が加算される。マルチスケール網膜法による網膜処理結果 R_{MSRi} は、次の (4) 式によって表される。

【0 0 1 2】

【数 4】

$$R_{MSRi} = \sum_{n=1}^N \omega_n R_{ni} \quad \dots\dots (4)$$

【0 0 1 3】

そして、(4) 式によって求められたマルチスケール網膜処理結果 R_{MSRi} が、シングルスケール網膜法と同様に、補正パラメータ Gain および Offset によって補正されて、適当なダイナミックレンジに引き伸ばされる。補正マルチスケール網膜処理結果 I_{MSRi} は、次の (5) 式によって表される。

【0 0 1 4】

【数 5】

$$I_{MSRi} = \text{Gain} \times R_{MSRi} + \text{Offset} \quad \dots\dots (5)$$

【0 0 1 5】

【発明が解決しようとする課題】

このようなマルチスケール網膜法では、注目画素に対する周辺画素の情報である周辺関数の演算を、スケールの数 (N) だけ実施して、注目画素の補正を行っている。従って、スケールサイズが大きい場合には、1つの注目画素をマルチスケール網膜法にて処理するために、全画像領域における半分程度の画素を、周辺画素として参照する必要がある。参照とする画素数は、画像サイズおよびスケールサイズの長さの二乗にそれぞれ比例して増加する。

【0 0 1 6】

マルチスケール網膜法では、log演算、ベキ乗演算、さらには、畳み込み演算に要する積和演算が必要であるために、参照すべき周辺画素数が増加すると、膨大な計算量が必要になる。しかも、演算値を記憶したメモリに対するアクセス回

数も増加する。しかも、2次元の周辺画素情報の保持、中間処理結果の保持等のために、容量の大きなメモリが必要になり、経済性が損なわれるおそれもある。また、メモリに対するアクセス回数も増加することになり、これによっても、処理時間が増加するおそれがある。

【0017】

特に、最近では、対象画素数が、メガピクセル、2メガピクセルという高画質のデジタルカメラも開発されており、このようなデジタルカメラでは、マルチスケール網膜処理に要する時間がさらに増加することになる。

【0018】

本発明は、このような問題を解決するものであり、その目的は、マルチスケール網膜法による計算量を低減することができて、処理に要する時間を著しく短縮することができ、しかも、演算値を保持するためのメモリ容量も小さくすることができるために低コストの装置を実現することができる画像の輝度補正方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明の画像の輝度補正方法は、原画像における注目画素の画像情報と、その注目画素に対する周辺画素の画像情報に基づく周辺関数との畳み込み演算を、複数のスケールにわたって実施して、注目画素の輝度を補正するマルチスケール網膜法によって画像の輝度を補正する方法であって、周辺画素の画像情報が直交する2軸に沿ってそれぞれ段階的に変化するように、簡略化されたモデルの周辺関数が使用されることを特徴とする。

【0020】

この場合、好ましくは、注目画素から同距離の周辺画素の画像情報の総和と、画像情報が段階的に変化する1次元のスケールサイズに基づく周辺関数の畳み込み演算を実施して、その演算結果を、他の畳み込み演算の結果として利用する。すなわち、周辺関数が同値である周辺画素の画像情報を足し合わせることで、2次元の畳み込み演算を1次元の畳み込み演算に簡略化することができ、その際の積和演算回数を削減することができる。

【0 0 2 1】

好ましくは、周辺画素の画像情報を、画像情報が段階的に変化する 2 軸に沿った水平ベクトル成分と垂直ベクトル成分として読み込む。

【0 0 2 2】

また、好ましくは、周辺関数を演算する際に使用される平坦化係数 K を、すでに算出された平坦化係数 K とのデータ依存性に基づいて算出する。

【0 0 2 3】

さらに好ましくは、読み込む周辺画素数を削減して、畳み込み演算の際の積和演算回数を低減させる。

【0 0 2 4】

さらに好ましくは、画像情報が読み込まれる周辺画素数を削減して、読み込まれた画像情報を、読み込まれていない周辺画素の画像情報として利用する。

【0 0 2 5】

さらに好ましくは、いくつかの画素が集合した画素群に対して、畳み込み演算の回数を削減して、畳み込み演算が実施されない注目画素に対して、算出された畳み込み演算の結果を利用する。

【0 0 2 6】

さらに好ましくは、マルチスケール網膜法による \log 演算を、予め設定されたグラフに基づいて近似的に行う。

【0 0 2 7】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0 0 2 8】

本発明の輝度補正方法では、原画像における注目画素のスペクトルバンド成分をマルチスケール網膜法によって網膜処理して、注目画素の輝度が補正される。マルチスケール網膜法では、スケールサイズに基づいて得られる周辺関数を使用される。この周辺関数は、注目画素に対する周辺画素の距離および画像情報に基づいて得られるものであり、通常のマルチスケール網膜法では、図 1 (a) に示すような周辺関数を、図 1 (b) に示すように、各画素をそれぞれ方形領域とみ

なして、各画素における画像情報（輝度）がそれぞれデジタル処理されている。

【 0 0 2 9 】

これに対して、本発明の輝度補正方法では、マルチスケール網膜法に採用される周辺関数が、図 1（c）に示すように、注目画素に対して、直交する 2 軸（x 軸および y 軸）にそれぞれ沿って配置された各周辺画素の画像情報が段階的に変化するように簡略化された単純なモデルとされ、図 1（d）に示すように、アドレッシングが容易になるように、各画素をそれぞれ方形領域とみなして、各画素における画像情報（輝度）がそれぞれデジタル処理される。本発明の輝度補正方法では、このように画像情報が簡略化された周辺関数が採用される。

【 0 0 3 0 】

図 1（d）に示す簡略化された周辺関数では、注目画素に対する周辺画素の画像情報は、直交する 2 方向（x 軸方向および y 軸方向）に沿って注目画素から離れるにつれて、順次、画像情報のレベルが減少するように、段階的に変化している。例えば、図 2 に示すように、画素数が a 個 \times a 個のサイズのスケールにおいて、中心の注目画素 1 1 から x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ沿って配置された各周辺画素の画像情報は、中心の注目画素 1 1 から離れるにつれて、それぞれ同様に段階的に減少しており、注目画素 1 1 に対して、x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ隣接する各周辺画素の画像情報のレベルは、それぞれ等しく、また、それらの周辺画素に対して x 軸方向および y 軸方向にそれぞれ隣接する各周辺画素の画像情報のレベルもそれぞれ等しくなっている。

【 0 0 3 1 】

その結果、画素数が a 個 \times a 個のサイズのスケールにおいて、注目画素と周辺関数との畳み込み演算を実施する際に、周辺関数が同レベルである画素を足し合わせることによって、2 次元の畳み込み演算を 1 次元の畳み込み演算に置き換えることができる。

【 0 0 3 2 】

従って、画素数が a 個 \times a 個のサイズのスケールにおいて、2 次元の領域全体にわたる周辺画素に対して畳み込み演算を実施する場合には、積和回数が $a * a$ であるが、本発明では、畳み込み演算に際しての積和回数は、 $a / 2$ に減少する

ことになる。その結果、演算処理に要する時間が著しく短縮される。しかも、この場合には、中間データーを保持するためのメモリも、1次元の領域の周辺画素の積和等を保持することができればよく、その容量は著しく軽減される。

【0033】

このように、簡略化された周辺関数のモデルを利用することによって、図3に示すように、スケール毎に周辺画素の画像情報を持つ必要がない。この場合、大きいスケールサイズ(large)の周辺画素の画像情報には、小さいスケールサイズ(smallまたはmiddle)における周辺画素の画像情報も含まれるために、使用される最大のスケールサイズにおける周辺画素の画像情報のみを保持することによって、スケールサイズが変更されても対応することができる。その結果、スケールサイズ毎に、周辺画像の画像情報を重複して保持する必要がなく、必要とするメモリ容量が著しく軽減される。

【0034】

このように、簡略化した周辺関数のモデルを利用してマルチスケール網膜処理することにより、畳み込み演算の計算量およびメモリ容量は、スケールサイズ、スケール数に依存せず、シングルスケール網膜法と同程度にまで削減することができる。

【0035】

さらには、このように簡略化された周辺関数のモデルでは、1つのスケールにおける畳み込み演算に際して、その前段階における注目画素にて採用される周辺画素の画像情報の一部が重複して採用される。例えば、図4に示すように、x軸方向およびy軸方向にそれぞれ等しい間隔をあけてy軸方向およびx軸方向に沿ってそれぞれ配置された各周辺画素12（図4において、黒べたで示す）の画像情報が採用されると、次のスケールにおける畳み込み演算に際して、注目画素13が、前スケールの注目画素11に対してx軸方向に隣接している場合には、この注目画素13に対して黒枠にて囲まれた周辺画素14が、画像情報として採用されることになる。この場合、前段階における畳み込み演算に際して、採用された周辺画素の画像情報に対して、x軸に沿ってそれぞれ配置された各4個の周辺画素の画像情報が、重複して採用されることになる。

【0036】

その結果、相互に隣接する注目画素 1 1 および 1 3 に対するそれぞれ 1 6 個の周辺画素 1 2 および 1 4 の画像情報が、8 個（50%）にわたって重複して採用されており、従って、注目画素 1 3 に対する畳み込み演算に際して、その前段階においてすでに演算に使用された周辺画素 1 2 の画像情報の 50% を、重複して使用することができる。その結果、メモリアクセス回数を大幅に減少させることができる。

【0037】

周辺画素の画像情報は、x 軸方向に沿った走査によって得られる水平ベクトル成分と、y 軸方向に沿った垂直ベクトル成分とを合成することによって得るようにしてもよい。例えば、図 5（a）に示すように、画素数が 7 個×7 個のスケールサイズにおいて、x 方向に沿った走査によって、図 5（b）に示す範囲の周辺画素の画像情報を水平ベクトル成分 10 a として読み込んで、y 方向に沿った走査によって、図 5（c）に示す範囲の周辺画素の画像情報を垂直ベクトル成分 10 b として読み込み、水平ベクトル成分と垂直ベクトル成分とを合成することによって、新しい注目画素における全ての周辺画素の画像情報とされる。

【0038】

この場合、水平ベクトル成分 10 a は、中心の注目画素 1 1 と、この注目画素 1 1 に対して、y 軸方向の両側にそれぞれ隣接する x 軸に沿った 3 つの周辺画素と、これら 3 つの周辺画素に対して y 軸方向の外側にそれぞれ隣接する x 軸に沿った 5 つの周辺画素と、これら 5 つの周辺画素に対して y 軸方向の外側にそれぞれ隣接する x 軸に沿った 7 つの周辺画素とによって構成されている。

【0039】

これに対して、垂直ベクトル成分 10 b は、画素数が 7 個×7 個の周辺画素の画像情報から水平ベクトル成分を構成する注目画素 1 1 および周辺画素を除いた 1 8 個の周辺画素によって構成されている。

【0040】

このように、新しい注目画素における周辺画素の画像情報を、水平ベクトル成分 10 a と垂直ベクトル成分 10 b とに分割して読み込む場合には、前の注目画

素と新しい注目画素とが x 軸方向に相互に隣接していると、図 6 (a) に示すように、周辺関数の各レベルにおける水平ベクトル成分をそれぞれ構成する周辺画素の重複率が大きくなり (図 6 (a) の黒ベタにて示す周辺画素と、黒枠にて囲まれた周辺画素との重複部分を参照)、また、前の注目画素と新しい注目画素が y 軸方向に相互に隣接していると、図 6 (b) に示すように、周辺関数の各レベルにおける垂直ベクトル成分をそれぞれ構成する周辺画素同士の重複率が大きくなる (図 6 (b) の黒ベタの周辺画素と、黒枠にて囲まれた周辺画素との重複部分を参照)。なお、周辺画素の画像情報は、周辺関数の各レベル毎に、全画素の和として保持されている。

【 0 0 4 1 】

このために、図 7 に示すように、周辺関数の各レベルにおける水平ベクトル成分として、x 軸方向における走査方向上流側 (左側) に 1 画素分だけずれた注目画素の周辺関数の各レベルにおける水平ベクトル成分と重複する周辺画素の画像情報を採用して更新される。同様に、周辺関数の各レベルにおける垂直ベクトル成分として、y 軸方向における走査方向上流側 (上側) に 1 画素分だけずれた注目画素の周辺関数の各レベルにおける垂直ベクトル成分と重複する周辺画素の画像情報が採用して更新される。そして、前の注目画素と新しい注目画素との間で、周辺関数の各レベルにおいて、水平ベクトル成分、垂直ベクトル成分の重複していない画素の画像情報が、それぞれ読み込まれて加算される。これにより、新しい注目画素の周辺関数の各レベルにおける全ての周辺画素の 1 次元画像情報が生成される。

【 0 0 4 2 】

これにより、周辺画素の画像情報を得る際のメモリに対するアクセス回数を著しく低減させることができ、しかも、画像情報を得るための処理時間も著しく短縮させることができる。

【 0 0 4 3 】

なお、この場合、注目画素が、x 軸方向に沿って 1 画素ずつ、順次、移動した後に、y 軸方向に 1 画素だけ移動する構成では、周辺関数の各レベルにおける画像情報の重複率が最も効率的であるが、この場合には、x 軸方向に沿って注目画

素が移動する間に読み込まれる周辺画素の画像情報の垂直ベクトル成分を保持するためのバッファが必要になる。

【0 0 4 4】

新しい注目画素の周辺関数の各レベルにおける周辺画素の画像情報が得られると、周辺関数 $F(x,y)$ が、前述した(2)式に基づいて演算される。周辺関数 $F(x,y)$ を求める際の平坦化係数 K は、 $\iint F(x,y) dx dy = 1$ となるように設定されるが、この平坦化係数 K を高速にて演算するために、その直前にて演算された周辺関数の K 値を利用して、高速にて演算処理される。この場合、直前に演算された周辺関数の平坦化係数 K と、現段階における周辺関数の平坦化係数 K とのデータ依存性に基づいて、平坦化係数 K が更新される。

【0 0 4 5】

図8(a)に示すように、注目画素11が、画像フレーム15のコーナー部に近接しており、その注目画素11に対する平坦化係数 K を算出するために必要とされる周辺画素の画像情報と畳み込み演算を行う周辺関数の領域16の一部が、画像フレーム15からはみ出しているような場合には、画像フレーム15内に位置する領域16内の周辺関数に基づいて平坦化係数 K が補正される。このために、図8(b)に示すように、その注目画素11に対して x 軸方向に隣接する注目画素13に対して平坦化係数 K を演算する際には、注目画素13に対する周辺関数の領域17における画像フレーム15内に位置する周辺画素の画像情報が利用される。

【0 0 4 6】

従って、このような場合には、注目画素13に対する平坦化係数 K を算出する際には、注目画素11に対する平坦化係数 K を算出するために使用される周辺関数の画像情報に対して、図8(b)に示すように、画像フレーム15の y 軸方向に沿った周辺関数18の画像情報が追加されているにすぎない。このようなデータ依存性から、注目画素11に対する平坦化係数 K を利用して、注目画素13に対する平坦化係数 K が更新される。

【0 0 4 7】

平坦化係数 K は、具体的には、図9に示すように、前段階の注目画素に対する

周辺関数が 1 次元のテーブル化されており、その周辺関数から、画像フレームに対する注目画素の位置およびスケールサイズの関係に基づいて、その周辺関数の平坦化係数 K が更新される。

【0048】

図 10 は、平坦化係数 K を更新する際のフローチャートである。まず、平坦化係数 K の更新が必要であるかが、注目画素の座標 (x, y) およびスケールサイズに基づいて判定される（図 10 のステップ S1 参照、以下同様）。すなわち、画像における注目画素の位置に基づいて、その注目画素に対するスケールサイズが検出され、スケールサイズが、画像フレームの外部にはみ出した状態になっている場合には、平坦化係数 K が更新される。平坦化係数 K を更新する場合には、注目画素の座標 (x, y) に基づいて、周辺関数が算出され（ステップ S2）、算出された周辺関数に基づいて、平坦化係数 K が更新される。（ステップ S3）。

【0049】

この場合、前述したように、周辺画素の水平ベクトル成分および垂直ベクトル成分を読み込む際の走査と同様の走査によって、平坦化係数 K を算出するようにすれば、注目画素に対する周辺関数を保持するためのバッファを設けるだけでよい。

【0050】

さらには、画像の画質が劣化しない程度に、周辺画素の画像情報のサンプリング回数を低減することにより、計算量を大幅に削減することができる。すなわち、（1）式における $Y(x, y) * F(x, y)$ を算出する際の周辺画素の情報を、図 11 に示すように、適当に間引くことにより、周辺画素の情報のサンプリング回数が低減されるとともに、計算量を大幅に削減することができる。具体的には、16（ $= 4 \times 4$ ）の周辺画素に対して、いずれか 1 つの周辺画素の画像情報がサンプリングされる。

【0051】

また、周辺画素の画像情報のサンプリング回数の低減と同様に、画質が劣化しない程度に、畳み込み演算を省略して、計算量を低減させることもできる。畳み込み見込み演算を低減させる際には、図 12 に示すように、画素数が 16（ $= 4$

× 4) の画素が集まった方形の画素群に対しては、いずれか 1 つの注目画素に対して網膜処理 (式 (1) の第 2 項) を行い、他の 15 個の周辺画素に対しては、網膜処理された周辺画素の値を使用する。これにより、畳み込み演算の計算量が大幅に低減することができる。

【0052】

さらには、 \log の演算の計算量を低減させるために、積和演算による近似値が採用される。この場合、図 13 (a) に示すように、 $y = \log x$ の演算に際して、 x 座標の異なる範囲に基づいて、異なる傾きの \log 直線がそれぞれ割り当てられる。そして、図 13 (b) に示すように、 x の値に対応した \log 直線の傾きと切片とが演算され、求められた傾きが乗数、切片が加数とされる。これにより、適切な表示のダイナミックレンジに適合させるために、膨大な数のインデックスを準備する必要がない。

【0053】

このような輝度補正方法の実施に使用される輝度補正システムの一例を図 14 に示す。この輝度補正システムは、原画像の情報を記憶するメモリ 21 と、高速マルチスケール網膜 (MSR) 処理装置 22 と、中間結果を一時的に記憶する中間結果用メモリ 23 とを有している。

【0054】

原画像メモリ 21 は、原画像の画像サイズ (x, y)、各画素におけるスペクトルバンド数、各画素の成分表示精度等がそれぞれ記憶される。また、中間結果用メモリ 23 には、スケール数分の平坦化係数 K が記憶されるとともに、最大スケール長にわたる周辺画素の画像情報における x 成分、最大スケール長 \times 画像の横サイズ分の周辺画素の画像情報における y 成分等がそれぞれ記憶される。

【0055】

高速 MSR 処理装置 22 は、スケール数分の周辺関数に基づいて、マルチスケール網膜処理が高速で実施されるようになっており、前述したように、各周辺関数の近似計算、周辺関数の情報のメモリアクセスの低減、平坦化係数 K の算出高速化、周辺画素の画像情報のサンプリング回数の低減、畳み込み演算の間引き、 \log 演算の簡略化等が実施される。

【0056】

図15は、このような補正システムの動作説明のためのフローチャートである。このような補正システムでは、まず、 $4 \times 4 = 16$ 個の画素が集まった方形の画素群において、この画素群内で1画素に対してのみ、網膜処理を行う。

(図15のステップS11参照、以下同様)。このようにして1つの注目画素が決定されると、その画素に対する平坦化係数Kが算出される。平坦化係数Kは、画像上における注目画素の位置に基づいて演算される。この場合、注目画素が、すでに平坦化係数Kが算出された注目画素に対して、画像の中心対称になっていれば、それぞれの平坦化係数Kが等しくなることが利用される。平坦化係数Kの保持するためのバッファとしては、注目画素の位置に依存して平坦化係数Kが算出されることにより、最大ラージスケールサイズの平坦化係数Kを保持し得るバッファであればよい。

【0057】

平坦化係数Kが算出されると、周辺画素の情報が更新される(ステップS13)。この場合、注目画素の左側および上側に位置する注目画素に対する周辺画素の画像情報をそれぞれ利用して、周辺画素の画像情報が更新される。そして、更新された周辺画素の情報に基づいて、1次元の畳み込み演算が実施される(ステップS14)。

【0058】

このようにして、1次元の畳み込み演算処理が実施されると、式(1)に基づく演算処理が、注目画素を含む16の画素に関して実施される(ステップS15)。この場合のlog演算は、前述したように簡略化されたものである。その後、網膜処理結果に対する補正值が算出されて(ステップS16)、網膜処理結果が、その補正值にて補正される。このようにして、全画素に関して、マルチスケール網膜処理に基づく輝度の補正が実施される(ステップS17)。

【0059】

【発明の効果】

本発明の画像の輝度補正方法は、このように、マルチスケール網膜法によって、各画素の輝度を補正する際の計算量が著しく低減され、しかも、メモリアクセ

ス回数も著しく低減されるために、処理時間が著しく短縮される。しかも、メモリ容量も低減されるために、容量の小さなメモリを使用することができ、低コストの補正装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) ~ (d) は、それぞれ周辺関数を簡略化したモデルである。

【図 2】

簡略化された周辺関数のモデルにおける周辺関数の 1 次元化の説明図である。

【図 3】

簡略化された周辺関数のモデルにおけるマルチスケール畳み込み演算の説明図である。

【図 4】

簡略化された周辺関数のモデルにおける周辺画素の重複状態の説明図である。

【図 5】

(a) は、簡略化された周辺関数のモデルにおけるスケールを水平ベクトル成分と垂直ベクトル成分に分割することの説明図、(b) は、その水平ベクトル成分の説明図、(c) は、その垂直ベクトル成分の説明図である。

【図 6】

(a) は、水平ベクトル成分における周辺画素の重複状態の説明図、(b) は、垂直ベクトル成分における周辺画素の重複状態の説明図である。

【図 7】

水平ベクトル成分および垂直ベクトル成分からの周辺画素の画像情報の生成を説明するための概略図である。

【図 8】

(a) および (b) は、それぞれ、平坦化係数 K を算出する際の画像情報の依存関係の説明図である。

【図 9】

平坦化係数 K の更新を説明するための概略ブロック図である。

【図 10】

平坦化係数の更新方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 1】

画像情報のサンプリング回数の軽減する方法の説明図である。

【図 1 2】

畳み込み演算の回数を軽減する方法の説明図である。

【図 1 3】

(a) は、log 演算の簡略化するために使用されるグラフ、(b) は、そのグラフを使用した log 演算の制御図である。

【図 1 4】

本発明の画像の輝度補正方法の実施に使用される補正システムの一例を示すブロック図である。

【図 1 5】

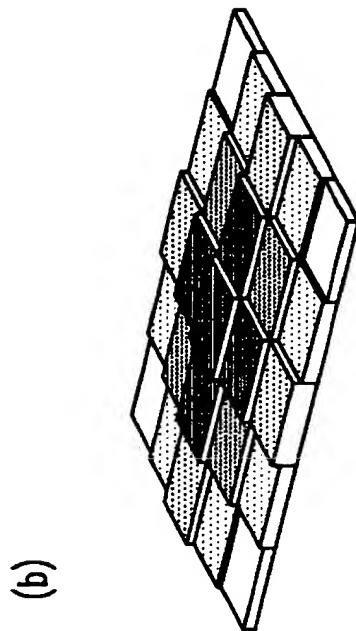
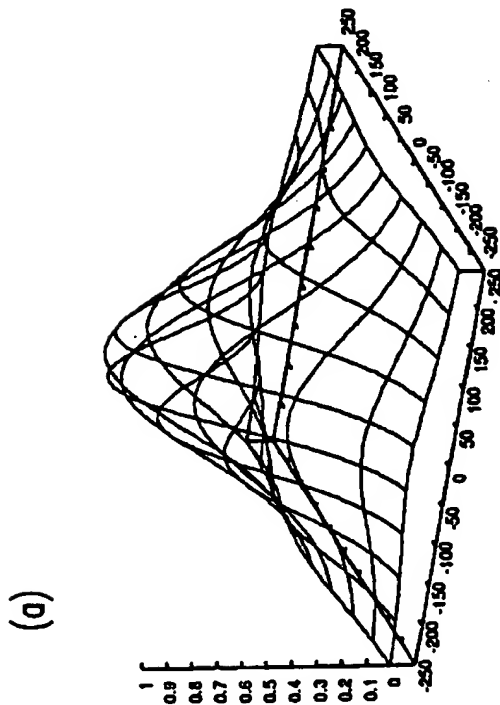
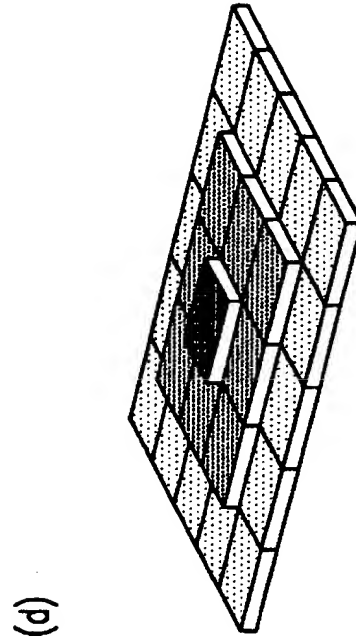
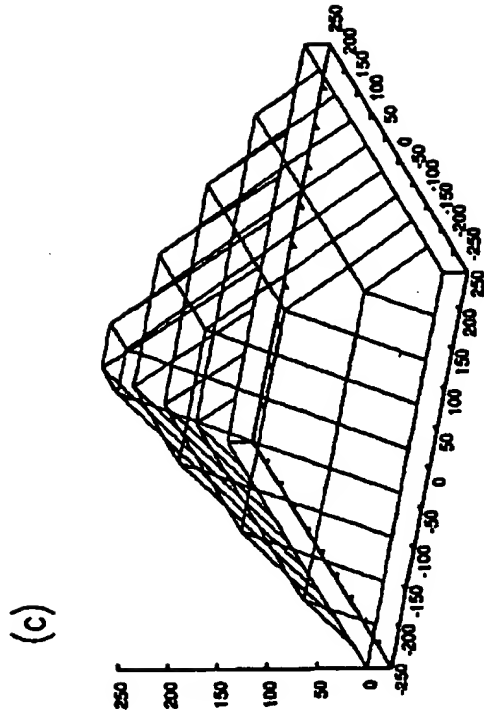
その動作説明のためのフローチャートである。

【符号の説明】

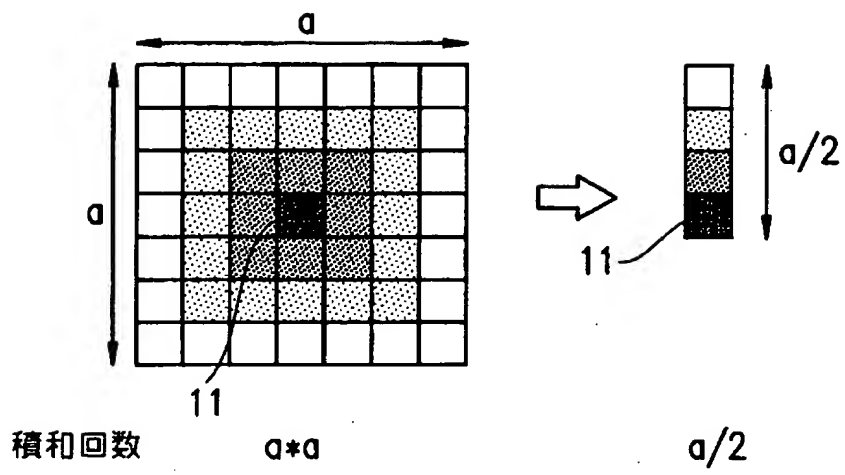
- 1 0 a 水平ベクトル成分
- 1 0 b 垂直ベクトル成分
- 1 1 注目画素
- 1 2 周辺画素
- 1 3 注目画素
- 1 4 周辺画素
- 1 5 画像フレーム
- 1 6 領域
- 1 7 領域
- 1 8 周辺画素

【書類名】 図面

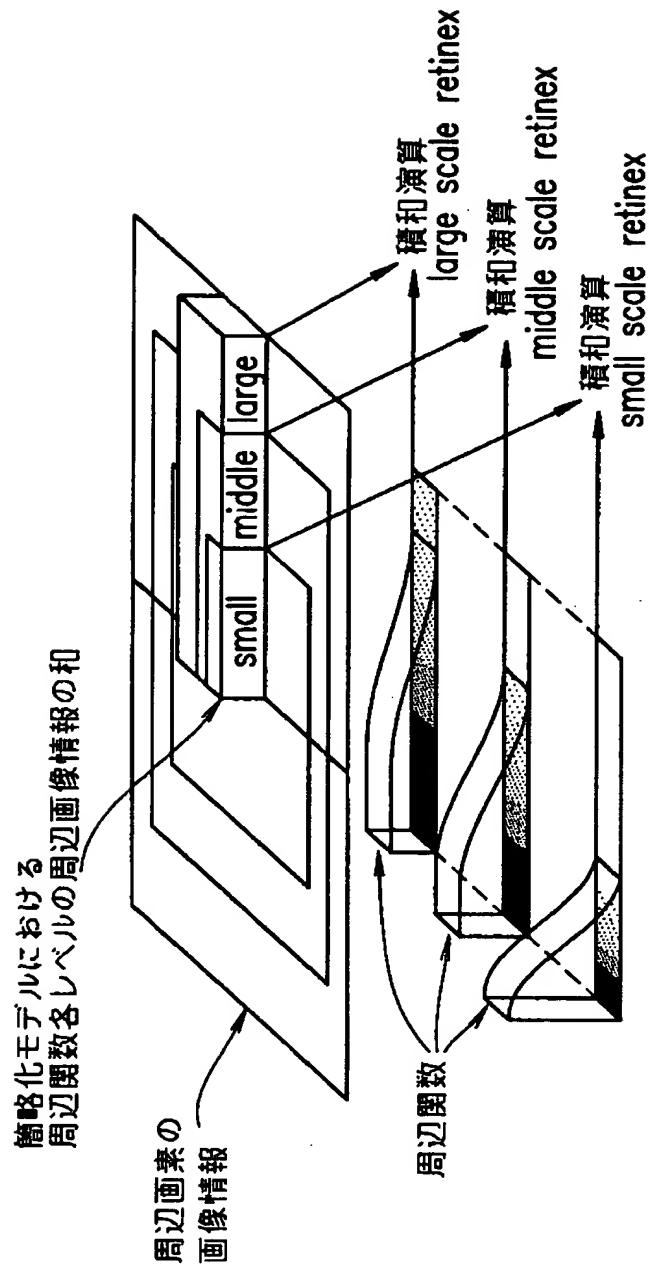
【図 1】



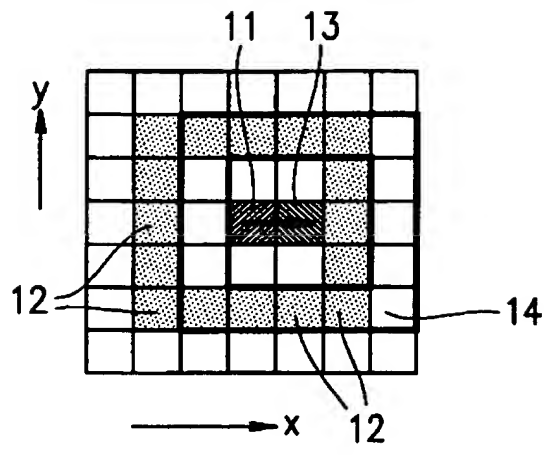
【図 2】



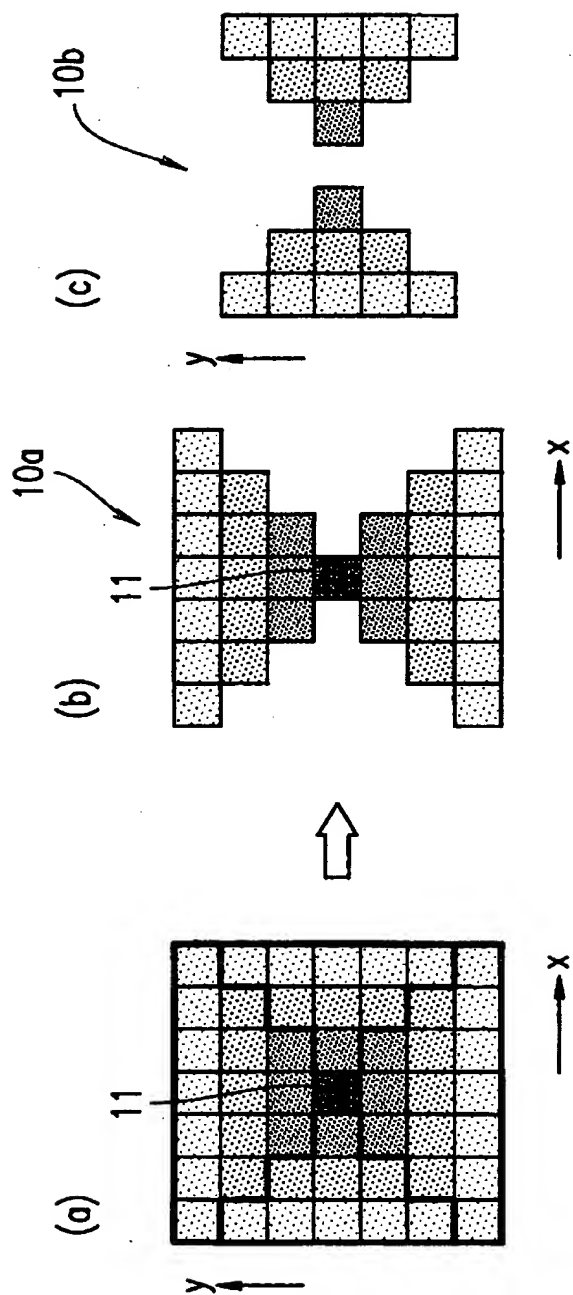
【図 3】



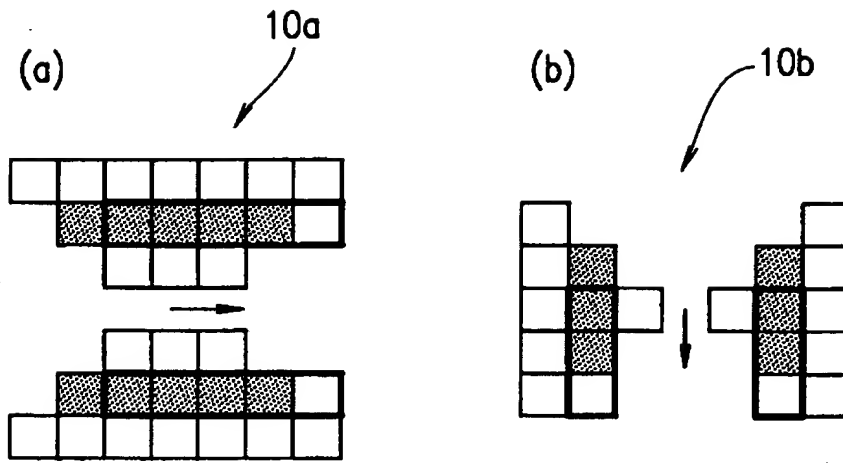
【図 4】



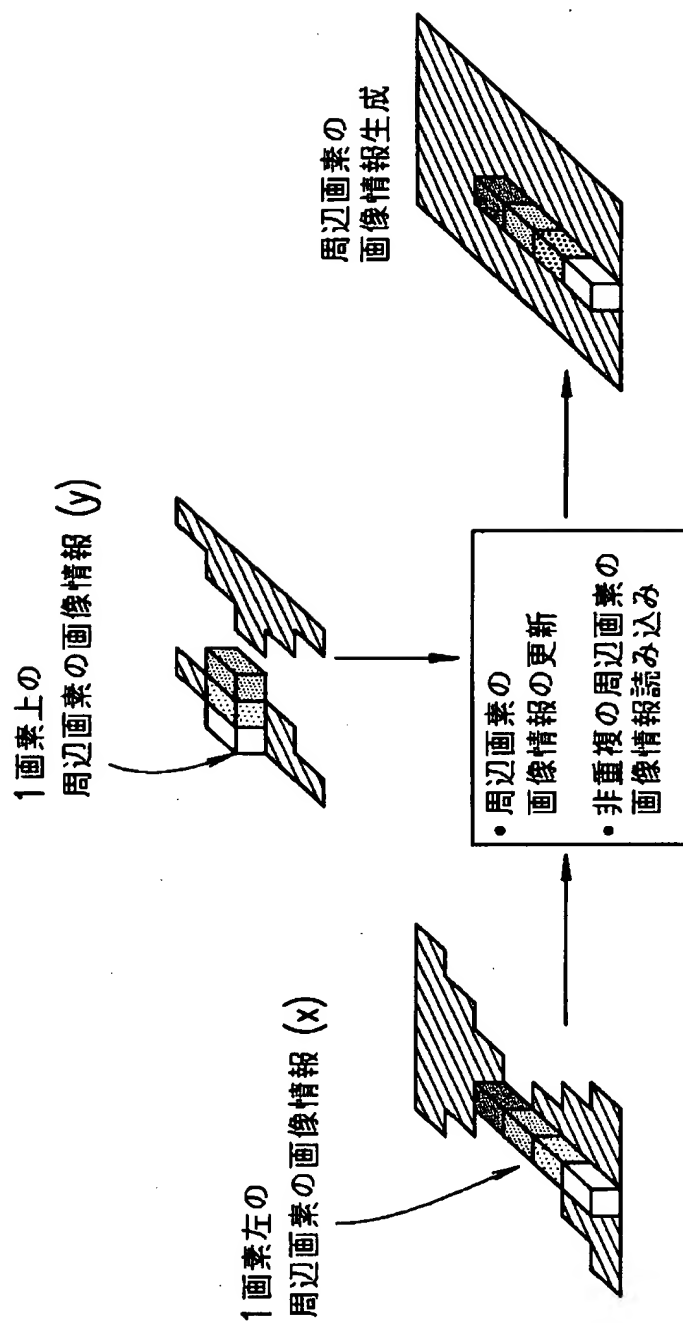
【図 5】



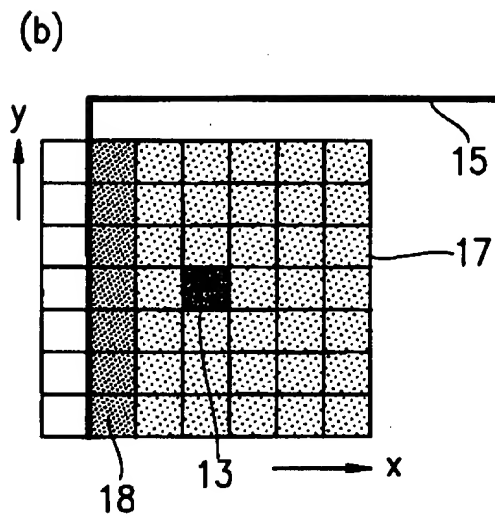
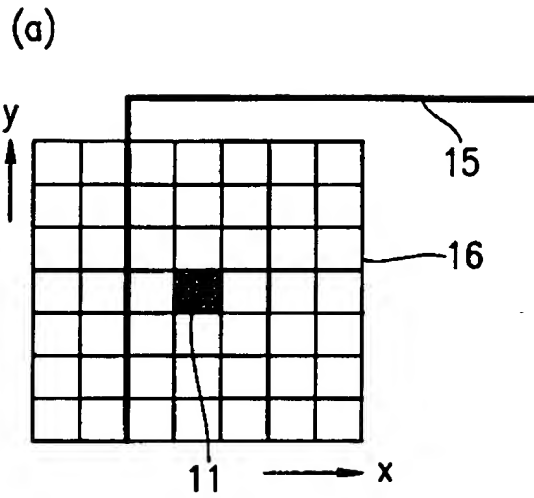
【図 6】



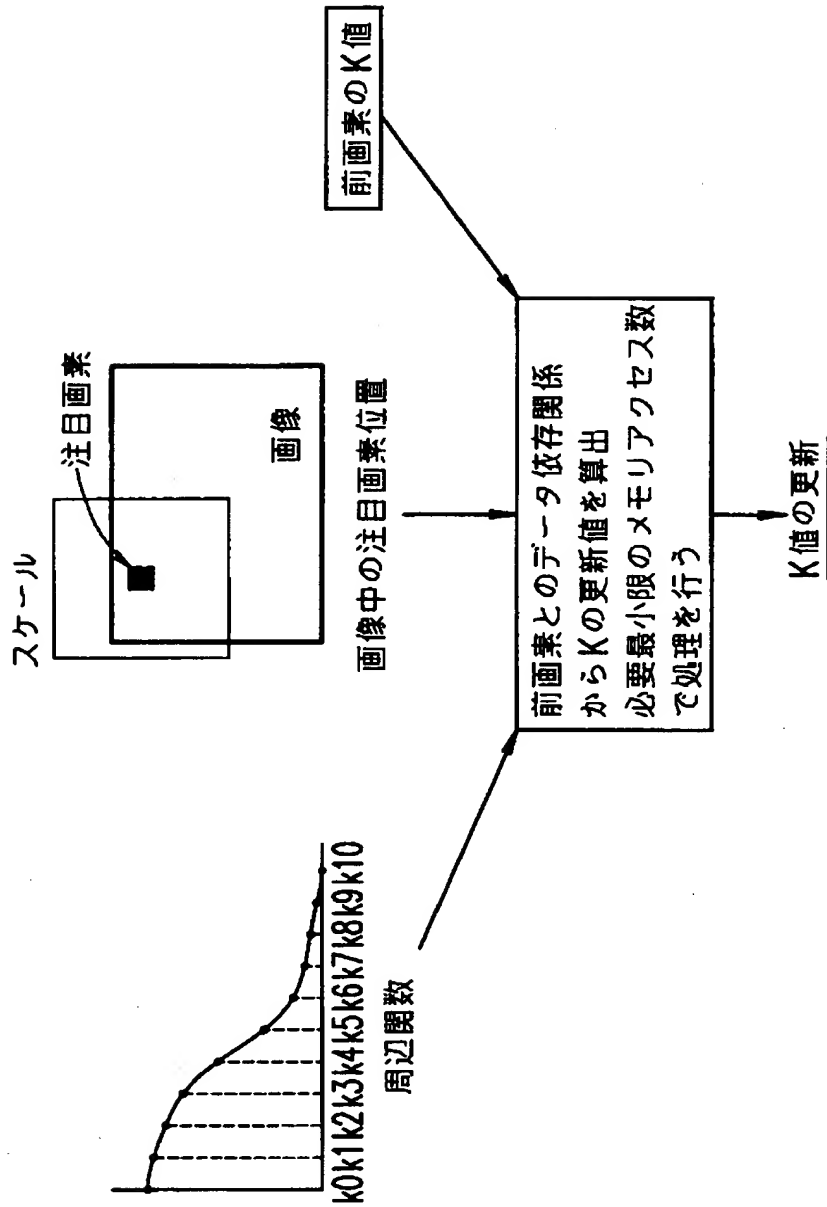
【図 7】



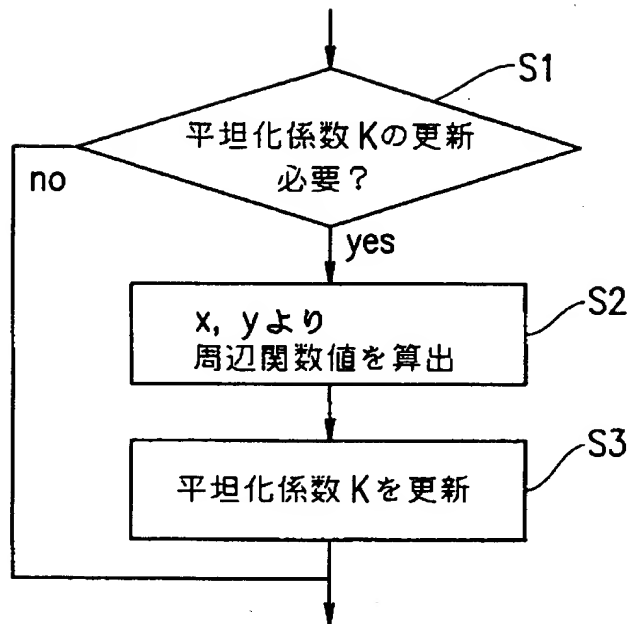
【图 8】



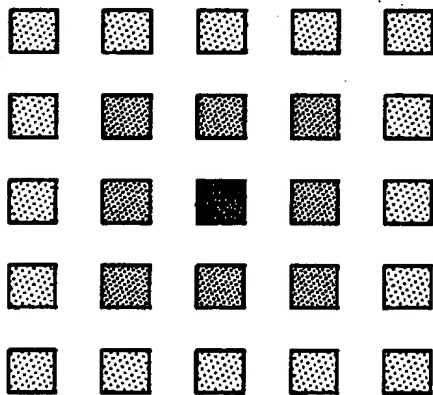
【図 9】



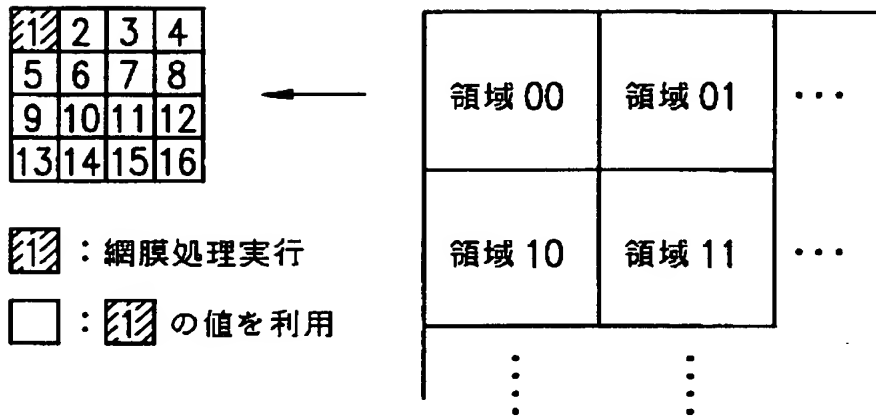
【図 1 0】



【図 1 1】

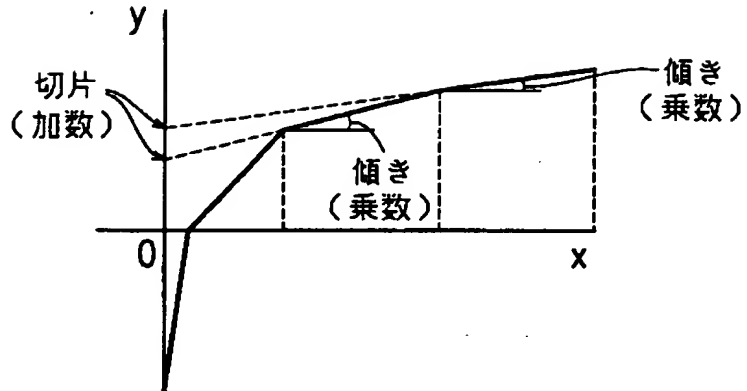


【図 1 2】

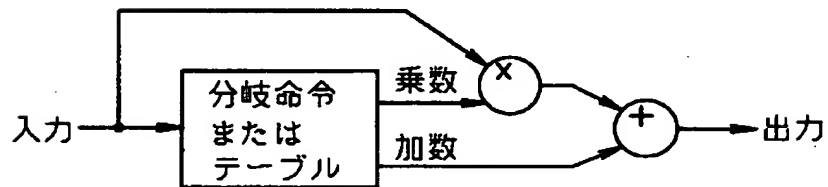


【図 1 3】

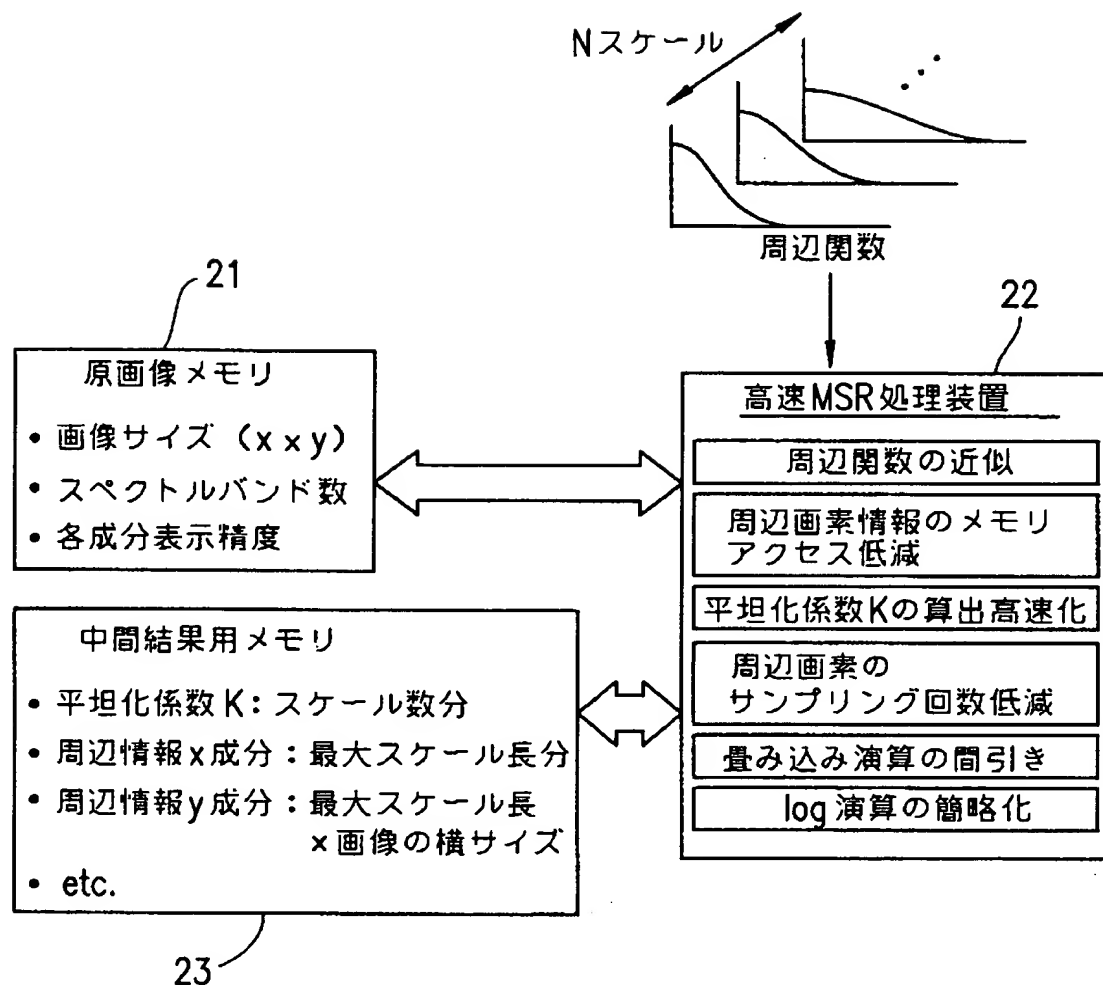
(a)



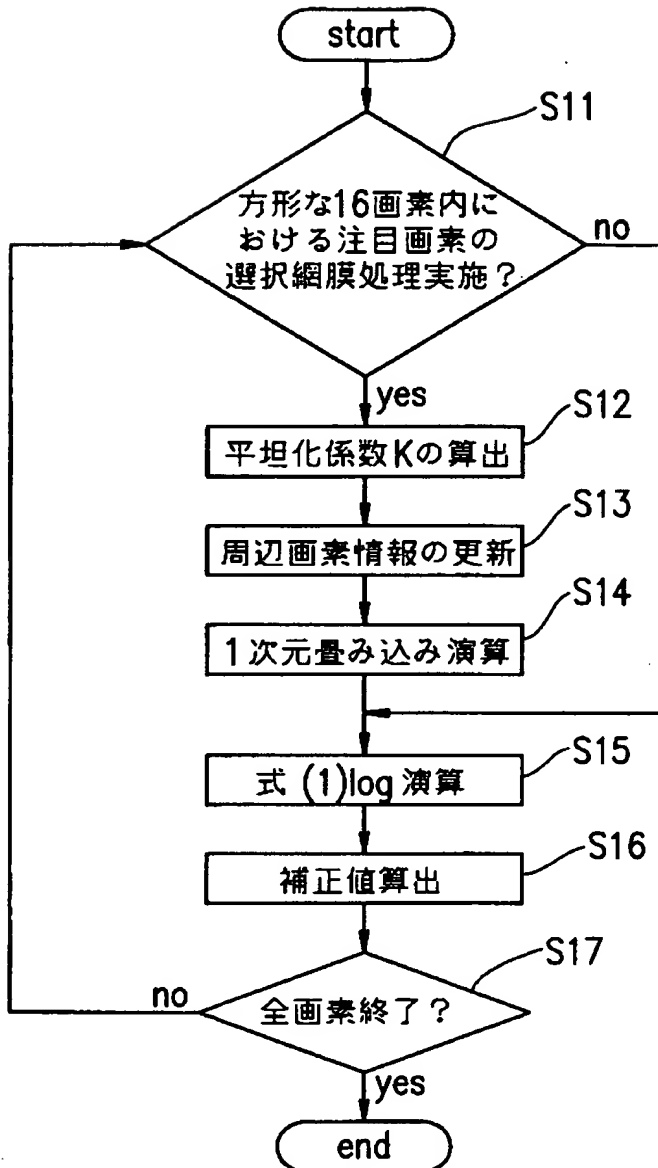
(b)



【図 1 4】



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マルチスケール網膜法による計算量を低減することができて、処理に要する時間を著しく短縮することができる。

【解決手段】 原画像における注目画素の画像情報と、その注目画素に対する周辺画素の画像情報に基づく周辺関数との畳み込み演算を、複数のスケールにわたって実施して、注目画素の輝度を補正するマルチスケール網膜法を実施する際に、周辺画素の画像情報が直交する 2 軸に沿ってそれぞれ段階的に変化するように、簡略化されたモデルの周辺関数を使用される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [598142988]

1. 変更年月日	1998年10月16日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府箕面市船場西2丁目1番11号
氏 名	株式会社シンセシス